

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES  
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
18. August 2005 (18.08.2005)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 2005/076659 A1**

(51) Internationale Patentklassifikation<sup>7</sup>: **H04R 3/00, 1/26**

(21) Internationales Aktenzeichen: **PCT/EP2005/050386**

(22) Internationales Anmeldedatum:  
31. Januar 2005 (31.01.2005)

(25) Einreichungssprache: **Deutsch**

(26) Veröffentlichungssprache: **Deutsch**

(30) Angaben zur Priorität:  
10 2004 005 998.5 6. Februar 2004 (06.02.2004) **DE**

(71) Anmelder und

(72) Erfinder: **RUWISCH, Dietmar [DE/DE];** Guten-  
bergstrasse 11, 12557 Berlin (DE).

(74) Anwalt: **BETTEN & RESCH;** Theatinerstr. 8, 80333  
München (DE).

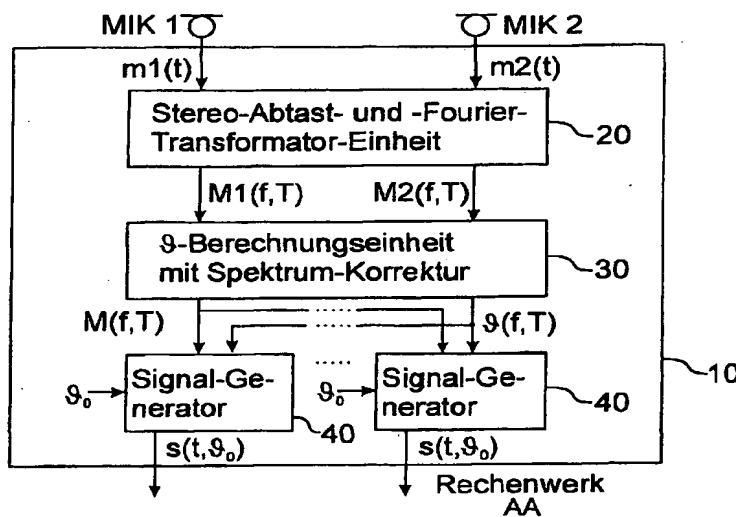
(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für  
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,  
AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH,  
CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES,  
FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE,  
KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD,  
MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG,  
PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM,  
TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM,  
ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für  
jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: **METHOD AND DEVICE FOR THE SEPARATION OF SOUND SIGNALS**

(54) Bezeichnung: **VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUR SEPARIERUNG VON SCHALLSIGNALLEN**



20... STEREO SCANNING AND FOURIER TRANSFORMER UNIT

30... CALCULATING UNIT WITH SPECTRUM CORRECTION

40... SIGNAL GENERATOR

AA... ARITHMETIC UNIT

which is selected in such a way, that sound signals from an environment ( $\theta_{3dB}$ ) around a preferred angle of incidence ( $\theta_0$ ) are amplified in relation to sound signals from outside said environment ( $\theta_{3dB}$ ); and inverted Fourier transformation of the signal spectrum thus produced.

(57) Abstract: The invention relates to a method for separating sound signals from a plurality of sound sources, comprising the following steps: arrangement of two microphones (MIK1, MIK2) at a given distance (d) from each other; detection of the sound signals with two microphones (MIK1, MIK2) and production of associated microphone signals ( $m_1$ ,  $m_2$ ); and separation of the sound signal of one of the sound sources (S1) from the sound signals of other sound sources (S2) based on microphone output signals ( $m_1$ ,  $m_2$ ). According to the invention, the separation step comprises: Fourier transformation of the microphone output signals in order to determine the frequency spectra thereof ( $M_1$ ,  $M_2$ ); determination of the phase difference (F) between the two microphone output signals ( $m_1$ ,  $m_2$ ) for each frequency component of the frequency spectra thereof ( $M_1$ ,  $M_2$ ); determination of the angle of incidence ( $\theta$ ) of each sound signal allocated to a frequency of the frequency spectra ( $M_1$ ,  $M_2$ ) based on relative phase angle (F) and frequency; production of a signal spectrum (S) of a signal to be outputted by combining one of the two frequency spectra ( $M_1$ ,  $M_2$ ) with a filter function ( $F < SB > \theta_0 < SB >$ ),

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

**Veröffentlicht:**

— mit internationalem Recherchenbericht

**(57) Zusammenfassung:** Bei einem Verfahren zur Separierung von Schallsignalen von einer Mehrzahl von Schallquellen, umfassend die Schritte: Anordnen von zwei Mikrofonen (MIK1, MIK2) in einem vorbestimmten Abstand (d) zueinander; Erfassen der Schallsignale mit beiden Mikrofonen (MIK1, MIK2) und Erzeugen zugeordneter Mikrofonensignale (m1, m2); und Separieren des Schallsignals einer der Schallquellen (S1) von den Schallsignalen der anderen Schallquellen (S2) basierend auf den Mikrofonenausgangssignalen (m1, m2), wird vorgeschlagen, dass der Schritt des Separierens umfaßt: Fourier-Transformieren der Mikrofonenausgangssignale zur Ermittlung ihrer Frequenzspektren (M1, M2); Bestimmen der Phasendifferenz ( $\phi$ ) zwischen den beiden Mikrofonenausgangssignalen (m1, m2) für jede Frequenzkomponente ihrer Frequenzspektren (M1, M2); Bestimmen des Einfallswinkels ( $\delta$ ) jedes einer Frequenz der Frequenzspektren (M1, M2) zugeordneten Schallsignals basierend auf dem relativen Phasenwinkel ( $\phi$ ) und der Frequenz; Erzeugen eines Signalspektrums (S) eines auszugebenden Signals durch Verknüpfen eines der beiden Frequenzspektren (M1, M2) mit einer Filterfunktion ( $F_{\delta 0}$ ), die derart gewählt ist, dass Schallsignale aus einer Umgebung ( $\gamma_{3dB}$ ) um einen bevorzugten Einfallswinkel ( $\delta_0$ ) herum relativ zu Schallsignalen von außerhalb dieser Umgebung ( $\gamma_{3dB}$ ) verstärkt werden; und inverses Fourier-Transformieren des derart erzeugten Signalspektrums.

## **Verfahren und Vorrichtung zur Separierung von Schallsignalen**

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Separierung von Schallsignalen.

5

Die Erfindung liegt auf dem Gebiet der digitalen Signalverarbeitung zum Entmischen verschiedener akustischer Signale aus unterschiedlichen Raumrichtungen, welche mit zwei Mikrofonen in bekanntem Abstand stereo aufgenommen werden.

10

Das Gebiet der Quellentrennung, auch „beam forming“ genannt, erfährt wachsende Bedeutung durch die Zunahme der mobilen Kommunikation sowie der automatischen Verarbeitung menschlicher Sprache. In sehr vielen Anwendungen tritt das Problem auf, dass das gewünschte Sprachsignal (Nutzsignal) durch verschiedene Störeinflüsse beeinträchtigt ist. Hier sind hauptsächlich Störungen durch Hintergrundgeräusche, Störungen durch andere Sprecher sowie Störungen durch Lautsprecherausgaben von Musik oder Sprache zu nennen. Die verschiedenen Störeinflüsse erfordern je nach ihrer Art und nach der Vorkenntnis über das Nutzsignal unterschiedliche Behandlungen.

20

Beispielhafte Anwendungen der Erfindung finden sich also in Kommunikationseinrichtungen, in denen die Position eines Sprechers bekannt ist, und in denen Störungen durch Hintergrundgeräusche oder andere Sprecher sowie Lautsprecherausgaben vorhanden sind. Anwendungsbeispiele sind Kfz-Freisprecheinrichtungen, in denen die Mikrofone z.B. im Rückspiegel untergebracht sind und eine sogenannte Richthyperbel auf den Fahrer gerichtet wird. In dieser Anwendung kann eine zweite Richthyperbel auf den Beifahrer gerichtet werden, so dass während eines Telefongesprächs gezielt zwischen Fahrer und Beifahrer hin- und hergeschaltet werden kann.

30

In Fällen, in denen die geometrische Position der Nutzsignalquelle zu den aufnehmenden Mikrofonen bekannt ist, ist die geometrische Quellenseparation ein mächtiges Werkzeug. Das Standardverfahren dieser Klasse von „beam forming“-

Algorithmen ist das sog. „shift and add“ Verfahren, bei welchem auf eines der Mikrofonssignale ein Filter angewendet wird, und das gefilterte Signal sodann zum zweiten Mikrofonssignal hinzuaddiert wird (siehe z.B. Haddad und Benoit, „Capabilities of a beamforming technique for acoustic measurements inside a moving car“, The 2002 International Congress and Exposition On Noise Control Engineering, Deaborn, Mi, USA, August 19-21, 2002).

Eine Erweiterung dieses Verfahrens beschäftigt sich mit „adaptiven beam forming“ bzw. „adaptiver Quellenseparation“, wo die Lage der Quellen im Raum a priori unbekannt ist und durch die Algorithmen erst ermittelt werden muss (WO 02/061732, US6,654,719). Hier ist es das Ziel, die Lage der Quellen im Raum aus den Mikrofonssignalen zu bestimmen und nicht, wie beim „geometrischen“ beam forming, fest vorzugeben. Adaptive Verfahren erweisen sich zwar als nützlich, allerdings ist auch hier gewöhnlich a-priori-Information erforderlich, da ein Algorithmus in der Regel nicht entscheiden kann, welche der detektierten Sprachquellen Nutz- und welche Störsignal ist. Nachteilig bei allen bekannten adaptiven Verfahren ist die Tatsache, dass die Algorithmen eine gewisse Adaptionszeit benötigen, bevor ausreichende Konvergenz besteht und die Quellentrennung gelingt. Außerdem sind adaptive Verfahren prinzipiell anfälliger für diffuse Hintergrundstörungen, da diese die Konvergenz erheblich beeinträchtigen können. Ein gravierender Nachteil beim klassischen „shift and add“-Verfahren ist die Tatsache, dass sich mit zwei Mikrofonen lediglich zwei Signalquellen voneinander separieren lassen und die Dämpfung von diffusem Hintergrundsall in der Regel nicht in ausreichendem Maße gelingt.

Aus der DE 69314514 T2 ist ein Verfahren zur Separierung von Schallsignalen gemäß dem Oberbegriff von Anspruch 1 bekannt. Das in diesem Dokument vorgeschlagene Verfahren führt eine Separation der Schallsignale dergestalt durch, dass ein gewünschtes Nutzschallsignal von Umgebungsrauschen befreit wird, und nennt als Anwendungsbeispiele die Sprachsignale eines Fahrzeuginsassen, die auf Grund des allgemeinen und nicht lokalisierten Fahrzeuglärms nur schwer verständlich sind.

Zum Herausfiltern des Sprachsignals schlägt dieses Dokument des Stands der Technik vor, mit Hilfe von zwei Mikrofonen jeweils ein Gesamtschallsignal zu messen, jedes der beiden Mikrophonsignale zur Ermittlung seines Frequenzspektrums einer Fouriertransformation zu unterziehen, in mehreren Frequenzbändern basierend auf der jeweiligen Phasendifferenz einen Einfallswinkel des jeweiligen Signals zu bestimmen, und schließlich die eigentliche "Filterung" vorzunehmen. Hierzu wird ein bevorzugter Einfallswinkel bestimmt, und dann eine Filterfunktion, nämlich ein Rauschspektrum, von einem der beiden Frequenzspektren subtrahiert, wobei dieses Rauschspektrum derart gewählt ist, dass Schallsignale aus der Umgebung des bevorzugten Einfallswinkels, der dem Sprecher zugeordnet ist, relativ zu den anderen Schallsignalen, die im wesentlichen Hintergrundlärm des Fahrzeugs darstellen, verstärkt werden. Das derart gefilterte Frequenzspektrum wird anschließend einer inversen Fourier-Transformation unterzogen und als gefiltertes Schallsignal ausgegeben.

Das in der DE 69314514 T2 offenbarte Verfahren leidet an mehreren Nachteilen:

- a) Die Schallsignalseparation gemäß diesem Dokument des Stands der Technik basiert auf dem vollständigen Entfernen eines Anteils des ursprünglich gemessenen Gesamtschallsignals, nämlich demjenigen Anteil, der als Rauschen bezeichnet wird. Dieses Dokument geht nämlich von einem akustischen Szenario aus, bei dem nur eine einzige Nutzschaallquelle vorhanden ist, deren Signale gleichsam eingebettet sind in Störsignale von nicht beziehungsweise weniger lokalisierten Quellen, insbesondere Fahrzeuglärm. Das Verfahren gemäß diesem Dokument des Stands der Technik erlaubt daher ausschließlich das Herausfiltern dieses einen Nutzsignals durch vollständiges Eliminieren aller Rauschsignale.

In Fällen mit einem einzigen Nutzschallsignal mag das Verfahren gemäß dieses Dokuments zufriedenstellende Ergebnisse liefern. Es kann jedoch auf Grund seines Grundprinzips nicht sinnvoll in

Situationen eingesetzt werden, in denen nicht nur eine Nutzschaallquelle, sondern mehrere derartige Quellen zum Gesamtschallsignal beitragen. Dies liegt insbesondere daran, dass gemäß dieser Lehre nur ein einziger sog. dominanter Ankunftswinkel verarbeitet werden kann, nämlich derjenige Einfallswinkel, unter dem das energiereichste Schallsignal einfällt. Alle Signale, die unter anderen Ankunftswinkeln auf die Mikrophone fallen, werden zwangsläufig als Rauschen behandelt.

- b) Darüber hinaus scheint dieses Dokument selbst davon auszugehen, dass die dort vorgeschlagene Filterung in Form einer Subtraktion des Rauschspektrums von einem der beiden Frequenzspektren noch keine zufriedenstellenden Ergebnisse liefert. Daher sieht dieses Dokument zusätzlich, nämlich unmittelbar vor dieser eigentlichen Filterung, noch eine weitere Signalverarbeitung vor: Es werden nämlich in allen Frequenzbändern, nachdem der dominante Einfallswinkel bestimmt worden ist, durch entsprechende Phasenverschiebung eines der beiden fourier-transformierten Schallsignale in diesem Frequenzband die Rauschanteile im jeweiligen Frequenzband relativ zu den in diesem Frequenzband möglicherweise ebenfalls enthaltenen Nutzschaallsignalen abgeschwächt. Somit sieht dieses Dokument die in ihr offenbarte Filterung in Form einer Subtraktion des Rauschspektrums offenbar selbst als ungenügend an, so dass sie selbst weitere, nämlich unmittelbar vorhergehende Signalverarbeitungsschritte vorschlägt, die durch hierfür gesondert bereitgestellte Bauteile vorgenommen werden. Insbesondere benötigt das System zusätzlich zu einer Rauschspektrumsabtraktionsvorrichtung (Vorrichtung 24 in der einzigen Figur dieses Dokuments) vorgeschaltete Mittel 20 zur Phasenverschiebung sowie Mittel 21 zur phasenrichtigen Addition von Spektren in den einzelnen Frequenzbändern (vergleiche die entsprechenden Bauteile in der einzigen Figur dieses Dokuments).

Hierdurch werden das Verfahren und die zu seiner Durchführung erforderliche Vorrichtung aufwendig.

Es ist daher Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Verfahren zur  
5 Separierung von Schallsignalen von einer Mehrzahl von Schallquellen sowie eine  
entsprechende Vorrichtung vorzuschlagen, die durch den reinen Filterschritt eine  
ausreichende Qualität der Ausgangssignale erzeugen, ohne zuvor eine  
phasenrichtige Addition von Schallspektren in verschiedenen Frequenzbändern  
10 durchführen zu müssen, um eine zufriedenstellende Separierung zu erzielen, und die  
es ferner erlaubt, nicht nur Signale einer einzigen Nutzschaallquelle von allen anderen  
Schallsignalen zu befreien, sondern grundsätzlich in der Lage ist, Schallsignale von  
einer Mehrzahl von Schallquellen ohne Eliminierung separat auszugeben.

Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe durch ein Verfahren nach Anspruch  
15 1 bzw. eine Vorrichtung nach Anspruch 7 gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen der  
Erfindung sind in den jeweiligen Unteransprüchen definiert.

Das erfindungsgemäße Verfahren benötigt keine Konvergenzzeit und  
kann mit zwei Mikrofonen mehr als zwei Schallquellen im Raum separierbaren,  
20 sofern diese in ausreichendem Maße räumlich getrennt sind. Das Verfahren stellt nur  
geringe Anforderungen an Speicherbedarf und Rechenleistung, und es ist sehr stabil  
gegenüber diffusen Störsignalen. Anders als beim herkömmlichen beam forming  
lassen sich solche diffusen Störungen effektiv dämpfen. Wie bei allen Zwei-Mikrofon-  
Verfahren sind die Raumbereiche, zwischen denen das Verfahren differenzieren  
25 kann, rotationssymmetrisch zur Mikrofon-Achse, d.h. zu der Geraden, welche durch  
die beiden Mikrofonpositionen definiert ist. In einem Schnitt durch den Raum,  
welcher die Symmetrieachse enthält, entspricht der Raumbereich, in dem sich eine  
Schallquelle befinden muss um als Nutzsignal betrachtet zu werden, einer Hyperbel.  
Der Winkel  $\vartheta_0$ , den der Scheitel der Hyperbel zur Symmetrieachse einnimmt, ist frei  
30 wählbar, und die Breite der Hyperbel, welche durch einen Winkel  $\gamma_{3db}$  bestimmt wird,  
ist ebenfalls ein wählbarer Parameter. Mit nur zwei Mikrofonen lassen sich  
gleichzeitig Ausgangssignale zu beliebigen, verschiedenen Winkeln  $\vartheta_0$  erzeugen,  
wobei die Trennschärfe zwischen den Bereichen mit dem Überlappingsgrad der

entsprechenden Hyperbeln abnimmt. Schallquellen innerhalb einer Hyperbel werden als Nutzsignale betrachtet und mit weniger als 3 db gedämpft. Störsignale werden in Abhängigkeit ihres Einfallswinkels  $\vartheta$  eliminiert, wobei eine Dämpfung von >25db für Einfallswinkel  $\vartheta$  außerhalb der Akzeptanzhyperbel erreichbar ist.

5

Das Verfahren arbeitet im Frequenzbereich. Das einer Richthyperbel zuzuordnende Signalspektrum entsteht durch Multiplikation einer Korrekturfunktion  $K_2(x_1)$  sowie einer Filterfunktion  $F(f,T)$  mit dem Signalspektrum  $M(f,T)$  eines der Mikrofone. Die Filterfunktion entsteht durch spektrale Glättung (z.B. durch Diffusion) einer Zuordnungsfunktion  $Z(\vartheta-\vartheta_0)$ , wobei im Argument der Zuordnungsfunktion der berechnete Einfallswinkel  $\vartheta$  einer spektralen Signalkomponente steht. Dieser Einfallswinkel  $\vartheta$  wird aus dem Phasenwinkel  $\varphi$  des komplexen Quotienten der Spektren der beiden Mikrofonsignale,  $M_2(f,T)/M_1(f,T)$ , ermittelt, indem man  $\varphi$  mit der Schallgeschwindigkeit  $c$  multipliziert und durch  $2\pi fd$  dividiert, wobei  $d$  den Mikrofonabstand bezeichnet. Das Ergebnis  $x_1 = \varphi c / 2\pi fd$ , welches zugleich das Argument der Korrekturfunktion  $K_2(x_1)$  ist, liefert nach Beschränkung  $x = K_1(x_1)$  auf einen Betrag kleiner oder gleich eins den Kosinus des Einfallswinkels  $\vartheta$ , welcher im Argument der Zuordnungsfunktion  $Z(\vartheta-\vartheta_0)$  steht;  $K_1(x_1)$  bezeichnet dabei eine weitere Korrekturfunktion.

10  
15  
20

Kurzbeschreibung der Abbildungen:

Fig. 1 zeigt die Definition des Einfallswinkels  $\vartheta$  durch die Positionen beiden Mikrofone, deren Signale verarbeitet werden.

25

Fig. 2 zeigt beispielhaft eine Zuordnungsfunktion  $Z(\vartheta)$  mit Halbwertsbreite  $2\gamma_{3db}$ , aus welcher eine Hyperbel mit Scheitel bei  $\vartheta=0$  resultiert.

Fig. 3 zeigt eine Hyperbel mit Scheitel bei  $\vartheta=\vartheta_0$ , die die Richtcharakteristik der Quellenseparation bestimmt. Signale innerhalb des durch die Hyperbel definierten Raumbereichs werden mit einer Dämpfung <3db als Nutzsignal ausgegeben

30



Fig. 4 zeigt den Aufbau des Quellenseparators, in welchem die Zeitsignale zweier Mikrofone,  $m_1(t)$  und  $m_2(t)$ , in einer Stereo-Abtast- und -Fourier-Transformator-Einheit (20) zu Spektren  $M_1(f,T)$  und  $M_2(f,T)$  transformiert werden, wobei  $T$  den Zeitpunkt der Entstehung der Spektren bezeichnet. Aus den Spektren wird in der  $\vartheta$ -Berechnungseinheit (30) der frequenzabhängige Einfallswinkel  $\vartheta(f,T)$  sowie das korrigierte Mikrofonpektrum  $M(f,T)$  berechnet, woraus in Signalgeneratoren (40) für verschiedene Richtwinkel  $\vartheta_0$  Ausgangssignale  $s_{\vartheta_0}(t)$  entstehen.

Fig. 5 zeigt den Aufbau der  $\vartheta$ -Berechnungseinheit (30), in welcher der Phasenwinkel  $\varphi(f,T)$  einer spektralen Komponenten des komplexen Quotienten der beiden Mikrofonpektren  $M_1(f,T)$  und  $M_2(f,T)$  berechnet wird, welcher sodann mit der Schallgeschwindigkeit  $c$  zu multiplizieren und durch  $2\pi fd$  zu dividieren ist, wobei  $d$  den Mikrofonabstand bezeichnet. Bei dieser Operation entsteht die Größe  $x_1(f,T)$ , welche das Argument der beiden Korrekturfunktionen  $K_2$  und  $K_1$  darstellt. Mit diesen Korrekturfunktionen entsteht das korrigierte Mikrofonpektrum  $M(f,T)=M_1(f,T)*K_2(x_1(f,T))$  sowie die Größe  $x(f,T)=K_1(x_1(f,T))$ , aus welcher durch Anwendung der Arcuskosinus-Funktion der Einfallswinkel  $\vartheta(f,T)$  zu berechnen ist.

Fig. 6 zeigt einen Signalgenerator, in welcher eine Zuordnungsfunktion  $Z(\vartheta-\vartheta_0)$  mit einem einstellbaren Winkel  $\vartheta_0$  durch spektrale Diffusion zu einer Filterfunktion  $F(f,T)$  geglättet wird, welche mit dem korrigierten Mikrofonpektrum  $M(f,T)$  zu multiplizieren ist. Daraus resultiert ein Ausgangsspektrum  $S_{\vartheta_0}(f,T)$ , aus welchem durch inverse Fouriertransformation ein Ausgangssignal  $s_{\vartheta_0}(t)$  entsteht, welches die Schallsignale innerhalb des durch die Zuordnungsfunktion  $Z$  und den Winkel  $\vartheta_0$  festgelegten Raumbereichs enthält.

Fig. 7 zeigt exemplarisch die beiden Korrekturfunktionen  $K_2(x_1)$  und  $K_1(x_1)$ .

Ein Grundgedanke der Erfindung ist es, jeder spektralen Komponente des einfallenden Signals zu jedem Zeitpunkt  $T$  einen Einfallswinkel  $\vartheta$  zuzuordnen und allein anhand des berechneten Einfallswinkels zu entscheiden, ob die entsprechende Schallquelle innerhalb einer gewünschten Richthyperbel liegt, oder nicht. Um die

5 Zugehörigkeitsentscheidung etwas abzumildern, wird anstatt einer harten Ja/Nein-Entscheidung eine „weiche“ Zuordnungsfunktion  $Z(\vartheta)$  (Fig. 2) benutzt, die einen kontinuierlichen Übergang zwischen erwünschten und unerwünschten Einfallsrichtungen erlaubt, was sich vorteilhaft auf die Integrität der Signale auswirkt. Die Breite der Zuordnungsfunktion entspricht dann der Breite der Richthyperbel (Fig.

10 3). Durch Division der komplexen Spektren der beiden Mikrofonsignale wird zunächst für jede Frequenz  $f$  zu einem Zeitpunkt  $T$  die Phasendifferenz  $\phi$  berechnet. Mit Hilfe der Schallgeschwindigkeit  $c$  und der Frequenz  $f$  der entsprechenden Signalkomponente lässt sich aus der Phasendifferenz ein Wegunterschied berechnen, der zwischen den beiden Mikrofonen liegt, wenn das Signal von einer

15 Punktquelle ausgesandt wurde. Ist der Mikrofonabstand  $d$  bekannt, ergibt eine einfache geometrische Überlegung, dass der Quotient  $x_1$  aus Wegunterschied und Mikrofonabstand dem Kosinus des gesuchten Einfallswinkels entspricht. In der Praxis ist aufgrund von Störungen wie diffusem Störschall oder Raumhall die Annahme einer Punktquelle selten erfüllt, weshalb  $x_1$  gewöhnlich nicht auf den

20 erwarteten Wertebereich  $[-1,1]$  beschränkt ist. Bevor der Einfallswinkel  $\vartheta$  berechnet werden kann, ist daher noch eine Korrektur erforderlich, die  $x_1$  auf das genannte Intervall beschränkt. Wurde zum Zeitpunkt  $T$  für jede Frequenz  $f$  der Einfallswinkel  $\vartheta(f,T)$  bestimmt, ergibt sich das Spektrum des gewünschten Signals innerhalb einer Richthyperbel mit Scheitel beim Winkel  $\vartheta=\vartheta_0$  durch einfache frequenzweise

25 Multiplikation mit dem Spektrum eines der Mikrofone, also  $M_1(f,T)K(\vartheta(f,T)-\vartheta_0)$ . Unter Umständen ist es vorteilhaft,  $K(\vartheta(f,T)-\vartheta_0)$  vor Ausführung der Multiplikation spektral zu glätten. Eine Glättung, deren Ergebnis als  $F_{90}(f,T)$  bezeichnet sei, erhält man z.B. durch Anwendung eines Diffusionsoperators. In Fällen, in denen durch Störeinflüsse die Größe  $x$ , die zur Berechnung des Einfallswinkels dient, außerhalb ihres

30 Wertebereichs liegt, ist es vorteilhaft, die entsprechende spektrale Komponente des Mikrofonsignals abzuschwächen, da zu vermuten ist, dass sich Störsignale überlagert haben. Dies geschieht z.B. durch Anwendung einer Korrekturfunktion,

deren Argument die Größe  $x_1$  ist. Sei  $M(f,T)$  das korrigierte Mikrofonsignal, dann schreibt sich die Erzeugung des gewünschten Signalspektrums inklusive spektraler Glättung und Korrektur als  $S_{\theta_0}(f,T)=F_{\theta_0}(f,T)M(f,T)$ . Aus  $S_{\theta_0}(f,T)$  entsteht durch inverse Fouriertransformation das Zeitsignal  $s_{\theta_0}(t)$  für die entsprechende Richthyperbel mit  
5 Scheitelwinkel  $\theta_0$ .

Anders ausgedrückt ist es eine Grundidee der Erfindung, verschiedene Schallquellen, beispielsweise den Fahrer und den Beifahrer in einem Kraftfahrzeug, räumlich voneinander zu unterscheiden und somit beispielsweise das Nutz-  
10 Sprachsignal des Fahrers vom Stör-Sprachsignal des Beifahrers zu separieren, indem man die Tatsache ausnutzt, dass diese beiden Sprachsignale, also Schallsignale, in der Regel auch bei unterschiedlichen Frequenzen vorliegen. Die erfindungsgemäß vorgesehene Frequenzanalyse erlaubt also zunächst, das Gesamt-Schallsignal in die zwei Einzel-Schallsignale (nämlich vom Fahrer und vom  
15 Beifahrer) aufzuspalten. Es muß dann "nur noch" mit Hilfe geometrischer Überlegungen anhand der jeweiligen Frequenz jedes der beiden Schallsignale und der zu ermittelnden Phasendifferenz zwischen dem Ausgangssignal des Mikrofons 1 und des Mikrofons 2, die jeweils diesem Schallsignal zugeordnet sind, die Einfallrichtung jedes der beiden Schallsignale berechnet werden. Da die Geometrie  
20 zwischen beispielsweise der Position des Fahrers, der Position des Beifahrers und der Position der Mikrofone, etwa in einer Freisprecheinrichtung im Kraftfahrzeug, bekannt ist, kann dann das weiter zu verarbeitende Nutz-Schallsignal aufgrund seines anderen Einfallswinkels vom Stör-Schallsignal separiert werden.

25 Es folgt ein detailliertes Ausführungsbeispiel der Erfindung, das anhand der Abbildungen beschrieben wird.

Die Zeitsignale  $m_1(t)$  und  $m_2(t)$  zweier Mikrofone, die einen festen Abstand  $d$  zueinander haben, werden einem Rechenwerk (10) zugeführt (Fig. 4), wo  
30 sie in einer Stereo-Abtast- und -Fourier-Transformator-Einheit (20) mit einer Abtastrate  $f_A$  diskretisiert und digitalisiert werden. Eine Folge von  $a$  Abtastwerten jeweils eines der Mikrofonsignale  $m_1(t)$  und  $m_2(t)$  wird durch Fourier-Transformation zum komplexwertigen Spektrum  $M_1(f,T)$  bzw.  $M_2(f,T)$  transformiert, wobei  $f$  die

Frequenz der jeweiligen Signalkomponente bezeichnet, und T den Zeitpunkt der Entstehung eines Spektrums angibt. Für die praktische Anwendung ist folgende Parameterwahl geeignet:  $f_A = 11025$  Hz,  $a = 256$ ,  $T \geq a/2$ . Wenn Rechenleistung und Speicherplatz es erlauben, ist jedoch  $a = 1024$  zu bevorzugen. Der Mikrofonabstand d sollte kleiner sein als die halbe Wellenlänge der höchsten zu verarbeitenden Frequenz, welche sich aus der Abtastfrequenz ergibt, d.h.  $d < c/4f_A$ . Für die oben  
 5 angegebene Parameterwahl eignet sich ein Mikrofonabstand  $d = 20$  mm.

Die Spektren  $M1(f,T)$  und  $M2(f,T)$  werden einer 9-Berechnungseinheit mit  
 10 Spektrum-Korrektur (30) zugeführt, die aus den Spektren  $M1(f,T)$  und  $M2(f,T)$  einen Einfallswinkel  $\vartheta(f,T)$  berechnet, der angibt, aus welcher Richtung relativ zur Mikrofonachse eine Signalkomponente mit Frequenz f zum Zeitpunkt T in die Mikrofone einfällt (Fig.1). Dazu wird  $M2(f,T)$  durch  $M1(f,T)$  komplex dividiert.  $\phi(f,T)$  bezeichne den Phasenwinkel dieses Quotienten. Wo Verwechslungen  
 15 ausgeschlossen sind, wird im folgenden das Argument (f,T) der zeit- und frequenzabhängigen Größen fortgelassen. Die genaue Rechenvorschrift zur Bestimmung von  $\phi$  lautet gemäß der Eulerschen Formel und den Rechenregeln für komplexe Zahlen:

$$\phi = \arctan((\text{Re}1 \cdot \text{Im}2 - \text{Im}1 \cdot \text{Re}2) / (\text{Re}1 \cdot \text{Re}2 + \text{Im}1 \cdot \text{Im}2)),$$

wobei  $\text{Re}1$  und  $\text{Re}2$  die Realteile und  $\text{Im}1$  und  $\text{Im}2$  die Imaginärteile von  $M1$  bzw.  $M2$  bezeichnen. Die Größe  $x1 = \phi c / 2\pi f d$  entsteht mit Hilfe der Schallgeschwindigkeit c aus dem Winkel  $\phi$ , auch  $x1$  ist frequenz- und zeitabhängig:  $x1 = x1(f,T)$ . Der Wertebereich  
 25 von  $x1$  muss in der Praxis mit Hilfe einer Korrekturfunktion  $x = K1(x1)$  (Fig. 7) auf das Intervall  $[-1,1]$  beschränkt werden. Auf die so berechnete Größe x wird durch Anwendung der Arcuskosinus-Funktion ein Einfallswinkel  $\vartheta$  der betrachteten Signalkomponente errechnet, welcher von der Mikrofonachse zu messen ist, d.h. von der durch die Positionen der beiden Mikrofone definierten Geraden (Fig. 1). Unter  
 30 Berücksichtigung aller Abhängigkeiten lautet damit der Einfallswinkel einer Signalkomponente mit Frequenz f zum Zeitpunkt T:  $\vartheta(f,t) = \arccos(x(f,T))$ . Des weiteren wird mit Hilfe einer zweiten Korrekturfunktion  $K2(x1)$  das Mikrofonspektrum

korrigiert (Fig. 7):  $M(f,T)=K2(x1)M1(f,T)$ . Diese Korrektur dient dazu, in Fällen, in denen die erste Korrekturfunktion greift, die entsprechende Signalkomponente zu reduzieren, da zu vermuten ist, dass sich Störungen überlagert haben, die das Signal verfälschen. Die zweite Korrektur ist optional, alternativ kann auch  $M(f,T)=M1(f,T)$  gewählt werden;  $M(f,T)=M2(f,T)$  ist ebenfalls möglich.

Das Spektrum  $M(f,T)$  wird zusammen mit dem Winkel  $\vartheta(f,T)$  einem oder mehreren Signalgeneratoren (40) zugeführt, wo mit Hilfe einer Zuordnungsfunktion  $Z(\vartheta)$  (Fig. 2) und einem wählbaren Winkel  $\vartheta_0$  jeweils ein auszugebendes Signal  $s_{\vartheta_0}(t)$  entsteht. Dies geschieht, indem zu einem Zeitpunkt  $T$  jede spektrale Komponente des Spektrums  $M(f,T)$  mit der entsprechenden Komponente eines  $\vartheta_0$ -spezifischen Filters  $F_{\vartheta_0}(f,T)$  multipliziert wird.  $F_{\vartheta_0}(f,T)$  entsteht durch spektrale Glättung von  $Z(\vartheta-\vartheta_0)$ . Diese Glättung erfolgt z.B. durch spektrale Diffusion:

$$F_{\vartheta_0}(f,T) = Z(\vartheta(f,T)-\vartheta_0) + D\Delta_f^2 Z(\vartheta(f,T)-\vartheta_0).$$

Dabei bezeichnet  $D$  die Diffusionskonstante, welche ein frei wählbarer Parameter größer oder gleich null ist. Der diskrete Diffusionsoperators  $\Delta_f^2$  ist eine Abkürzung für

$$\Delta_f^2 Z(\vartheta(f,T)-\vartheta_0) = (Z(\vartheta(f-f_A/a,T)-\vartheta_0)-2Z(\vartheta(f,T)-\vartheta_0)+Z(\vartheta(f+f_A/a,T)-\vartheta_0))/(f_A/a)^2.$$

Der auftretende Quotient  $f_A/a$  aus Abtastrate  $f_A$  und Anzahl  $a$  der Abtastwerte entspricht dem Abstand zweier Frequenzen im diskreten Spektrum. Durch Anwendung des so erzeugten Filters  $F_{\vartheta_0}(f,T)$  entsteht ein Spektrum  $S_{\vartheta_0}(f,T)=F_{\vartheta_0}(f,T)M(f,T)$ , welches durch inverse Fouriertransformation in das Zeitsignal  $s_{\vartheta_0}(t)$  übergeht.

Das von einem Signalgenerator (40) auszugebene Signal  $s_{\vartheta_0}(t)$  entspricht dem Schallsignal innerhalb desjenigen Raumbereichs, der durch die Zuordnungsfunktion  $Z(\vartheta)$  und den Winkel  $\vartheta_0$  definiert ist. Der Einfachheit halber wird in der gewählten Nomenklatur für verschiedene Signalgeneratoren nur von einer

Zuordnungsfunktion  $Z(\vartheta)$  ausgegangen, verschiedene Signalgeneratoren benutzen lediglich verschiedene Winkel  $\vartheta_0$ . Praktisch spricht natürlich nichts dagegen, in jedem Signalgenerator auch eine eigene Form der Zuordnungsfunktion zu wählen. Die Anwendung von Zuordnungsfunktionen, welche über die Zugehörigkeit von Signalkomponenten zu verschiedenen Raumbereichen entscheiden, ist einer der zentralen Gedanken der Erfindung. Eine Zuordnungsfunktion muss eine gerade Funktion sein, geeignete Funktionen sind z.B.  $Z(\vartheta) = ((1 + \cos \vartheta)/2)^n$  mit einem Parameter  $n > 0$ . Der Raumbereich, in welchem Signale mit weniger als 3db gedämpft werden, entspricht einer Hyperbel mit Öffnungswinkel  $2\gamma_{3db}$  (Fig. 3) und Scheitel bei dem Winkel  $\vartheta_0$ . Hierbei entspricht  $2\gamma_{3db}$  dem Halbwertswinkel der Zuordnungsfunktion  $Z(\vartheta)$  (Fig. 2), mit der angegebenen Formel für die Zuordnungsfunktion gilt  $\gamma_{3db} = \arccos(2^{1-1/n} - 1)$ . Bei diesen zweidimensionalen geometrischen Überlegungen ist zu beachten, dass der tatsächliche Bereich des dreidimensionalen Raums, aus welchem mit dem beschriebenen Verfahren Schallsignale extrahiert werden, ein Rotationshyperboloid ist, der durch Rotation der beschriebene Hyperbel um die Mikrofonaachse entsteht.

Selbstverständlich ist die vorliegende Erfindung nicht auf den Einsatz in Kraftfahrzeugen und Freisprecheinrichtungen beschränkt: Weitere Anwendungen sind Konferenz-Telefonanlagen, bei denen mehrere Richthyperbeln in verschiedene Raumrichtungen gelegt werden, um die Sprachsignale einzelner Personen zu extrahieren und Rückkopplungen bzw. Echo-Effekte zu vermeiden. Des weiteren lässt sich das Verfahren mit einer Kamera kombinieren, wobei die Richthyperbel stets in die gleiche Richtung blickt wie die Kamera, und so nur aus dem Bildbereich kommende Schallsignale aufgezeichnet werden. In Bildtelefonsystemen ist mit der Kamera zugleich ein Monitor verbunden, in den die Mikrofonanordnung ebenfalls eingebaut werden kann, um eine Richthyperbel senkrecht zur Monitor-Oberfläche zu generieren, denn es ist zu erwarten, dass sich der Sprecher vor dem Monitor befindet.

Eine ganz andere Klasse von Anwendungen ergibt sich, wenn man anstatt des auszugebenden Signals den ermittelten Einfallswinkel  $\vartheta$  auswertet, indem man

z.B. zu einem Zeitpunkt  $T$  über Frequenzen  $f$  mittelt. Ein solche  $\vartheta(T)$ -Auswertung kann zu Überwachungszwecken benutzt werden, wenn innerhalb eines ansonsten ruhigen Raums die Position einer Schallquelle geortet werden soll.

- 5            Das richtige "Ausschneiden" des gewünschten Bereichs entsprechend dem zu separierenden Nutz-Schallsignal aus einem Mikrofonspektrum muss nicht, wie in Figur 6 beispielhaft gezeigt, durch Multiplikation mit einer Filterfunktion erfolgen, deren Zuordnungsfunktion den in Figur 2 gezeigten beispielhaften Verlauf hat. Jede andere Art der Verknüpfung des Mikrofonspektrums mit einer Filterfunktion
- 10 ist geeignet, solange diese Filterfunktion und diese Verknüpfung dazu führen, dass Werte im Mikrofonspektrum umso stärker "gedämpft" werden, je weiter ihr zugeordneter Einfallswinkel  $\vartheta$  vom bevorzugten Einfallswinkel  $\vartheta_0$  (beispielsweise der Richtung des Fahrers im Kraftfahrzeug) entfernt ist.

## Bezugszeichenliste:

	10	Rechenwerk zur Durchführung der erfindungsgemäßen Verfahrensschritte
5	20	Stereo-Abtast- und -Fourier-Transformator-Einheit
	30	$\vartheta$ -Berechnungseinheit
	40	Signalgenerator
	a	Anzahl der Abtastwerte, die zu Spektren M1 bzw. M2 transformiert werden
10	d	Mikrofonabstand
	D	Diffusionskonstante, wählbarer Parameter größer oder gleich Null
	$\Delta^2_f$	Diffusionsoperator
	f	Frequenz
	$f_A$	Abtastrate
15	K1	erste Korrekturfunktion
	K2	zweite Korrekturfunktion
	m1(t)	Zeitsignal des ersten Mikrofons
	m2(t)	Zeitsignal des zweiten Mikrofons
	M1(f,T)	Spektrum zum Zeitpunkt T des ersten Mikrofonsignals
20	M2(f,T)	Spektrum zum Zeitpunkt T des zweiten Mikrofonsignals
	M(f,t)	Spektrum zum Zeitpunkt T des korrigierten Mikrofonsignals
	$s_{90}(t)$	erzeugtes Zeitsignal, entsprechend einem Winkel $\vartheta_0$ der Richthyperbel
	$S_{90}(f,T)$	Spektrum des Signals $s_{90}(t)$
25	$\gamma_{3db}$	Winkel, welcher die Halbwertsbreite einer Zuordnungsfunktion $Z(\vartheta)$ bestimmt
	$\varphi$	Phasenwinkel des komplexen Quotienten $M2/M1$
	$\vartheta(f,T)$	Einfallswinkel einer Signalkomponente, gemessen von der Mikrofonachse
30	$\vartheta_0$	Winkel des Scheitels einer Richthyperbel, Parameter in $Z(\vartheta-\vartheta_0)$
	x, x1	Zwischengrößen bei der $\vartheta$ -Berechnung
	t	Zeitbasis der Signalabtastung



T Zeitbasis der Spektrumerzeugung

Z(9) Zuordnungsfunktion

## Ansprüche

1. Verfahren zur Separierung von Schallsignalen von einer Mehrzahl von Schallquellen (S1, S2), umfassend die Schritte:

- Anordnen von zwei Mikrofonen (MIK1, MIK2) in einem vorbestimmten Abstand (d) zueinander;
- Erfassen der Schallsignale mit beiden Mikrofonen (MIK1, MIK2) und Erzeugen zugeordneter Mikrofonssignale (m1, m2); und
- Separieren des Schallsignals einer der Schallquellen (S1) von den Schallsignalen der anderen Schallquellen (S2) basierend auf den Mikrofonssignalen (m1, m2),

wobei der Schritt des Separierens die Schritte umfaßt:

- Fourier-Transformieren der Mikrofonssignale zur Ermittlung ihrer Frequenzspektren (M1, M2);
- Bestimmen der Phasendifferenz ( $\varphi$ ) zwischen den beiden Mikrofonssignalen (m1, m2) für jede Frequenzkomponente ihrer Frequenzspektren (M1, M2);
- Bestimmen des Einfallswinkels ( $\vartheta$ ) jedes einer Frequenz der Frequenzspektren (M1, M2) zugeordneten Schallsignals basierend auf der Phasendifferenz ( $\varphi$ ) und der Frequenz;
- Erzeugen eines Signalspektrums (S) eines auszugebenden Signals durch Verknüpfen eines der beiden Frequenzspektren (M1, M2) mit einer Filterfunktion ( $F_{\vartheta 0}$ ), die derart gewählt ist, dass Schallsignale aus einer Umgebung ( $\gamma_{3dB}$ ) um einen bevorzugten Einfallswinkel ( $\vartheta_0$ ) herum relativ zu Schallsignalen von außerhalb dieser Umgebung ( $\gamma_{3dB}$ ) verstärkt werden; und

- Inverses Fourier-Transformieren des derart erzeugten Signalspektrums, dadurch gekennzeichnet, dass die Filterfunktion ( $F_{\vartheta 0}$ )  $\vartheta$ -abhängig ist und unter Variation von  $\vartheta$  ein Maximum bei dem bevorzugten Einfallswinkel ( $\vartheta_0$ ) aufweist, und die Verknüpfung der Filterfunktion ( $F_{\vartheta 0}$ ) mit einem der beiden Frequenzspektren eine Multiplikation derselben umfasst.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Filterfunktion ( $F_{90}$ ) die Form aufweist:

$$F_{90}(f,T)=Z(\vartheta-\vartheta_0)+D\Delta_f^2Z(\vartheta-\vartheta_0)$$

wobei

f die jeweilige Frequenz

T der Zeitpunkt der Ermittlung der Frequenzspektren (M1, M2)

$Z(\vartheta-\vartheta_0)$  eine Zuordnungsfunktion mit Maximum bei  $\vartheta_0$

$D \geq 0$  eine Diffusionskonstante, und

$\Delta_f^2$  ein diskreter Diffusionsoperator ist.

3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Zuordnungsfunktion (Z) die Form aufweist:

$$Z(\vartheta-\vartheta_0) = \left( \frac{1 + \cos(\vartheta - \vartheta_0)}{2} \right)^n$$

wobei  $n > 0$  ist.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Bestimmung des Einfallswinkels  $\vartheta$  über die Beziehung

$$\vartheta = \arccos(x(f,T))$$

erfolgt mit

$$x(f,T) = \varphi c / 2\pi f d$$

wobei

$\varphi$  die Phasendifferenz zwischen den beiden Mikrofonsignalkomponenten (m1, m2)

c die Schallgeschwindigkeit

f die Frequenz der Schallsignalkomponente und

d der vorbestimmte Abstand der beiden Mikrofone (MIK1, MIK2) ist.

5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass es ferner den Schritt umfasst:

Begrenzen des Werts von  $x(f,T)$  auf das Intervall  $[-1, 1]$ .

6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass es ferner den Schritt umfasst:

Reduzieren von Signalkomponenten, für die der Wert von  $x(f,T)$  vor der Begrenzung außerhalb des Intervalls  $[-1, 1]$  lag.

5

7. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 6, umfassend:

- zwei Mikrofone (MIK1, MIK2);
- eine an die Mikrofone angeschlossene Abtast- und Fourier-Transformationseinheit (20) zum Diskretisieren, Digitalisieren und Fourier-Transformieren der Mikrofonsignale ( $m_1, m_2$ );
- eine an die Abtast- und Fourier-Transformationseinheit (20) angeschlossene Berechnungseinheit (30) zur Berechnung des Einfallswinkels ( $\vartheta$ ) jeder Schallsignalkomponente; und
- wenigstens einen an die Berechnungseinheit (30) angeschlossenen Signalgenerator (40) zur Ausgabe des separierten Schallsignals, wobei der wenigstens eine Signalgenerator (40) Mittel zum Multiplizieren einer der Fourier-Transformierten ( $M_1, M_2$ ) mit einer Filterfunktion ( $F_{\vartheta_0}$ ) umfasst, die  $\vartheta$ -abhängig ist und unter Variation von  $\vartheta$  ein Maximum bei einem bevorzugten Einfallswinkel ( $\vartheta_0$ ) aufweist.

10

15

20

8. Vorrichtung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass der Abstand ( $d$ ) zwischen den Mikrofonen der Relation genügt:

$$d < c/4f_A$$

25

wobei  $c$  die Schallgeschwindigkeit und  $f_A$  die Abtastfrequenz der Abtast- und Fourier-Transformationseinheit (20) ist.

9. Vorrichtung nach Anspruch 7 oder 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Vorrichtung für jede zu separierende Schallquelle ( $S_1, S_2$ ) einen Signalgenerator (40) umfasst.

30

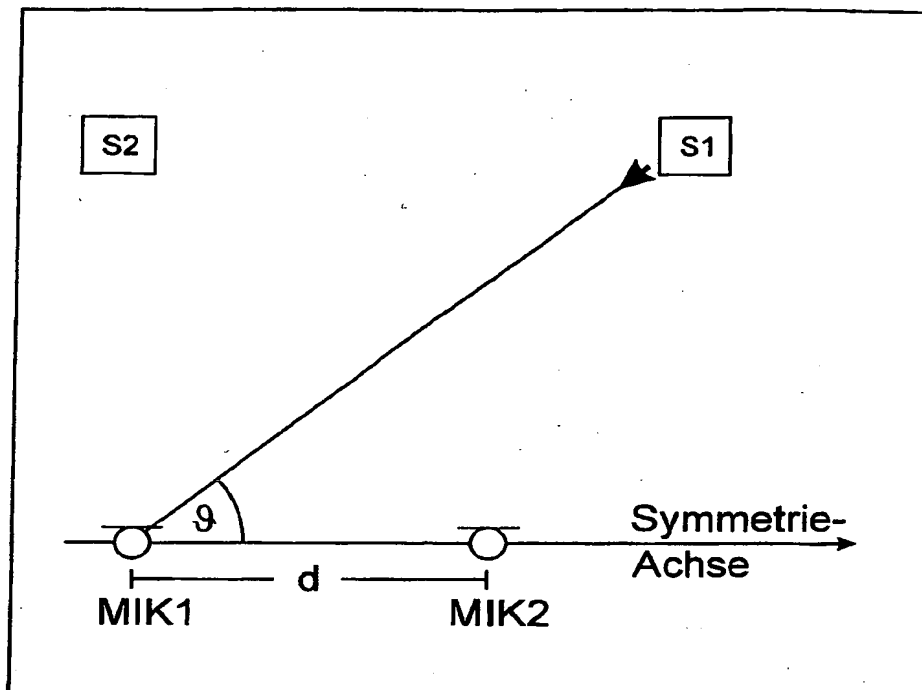


Fig. 1

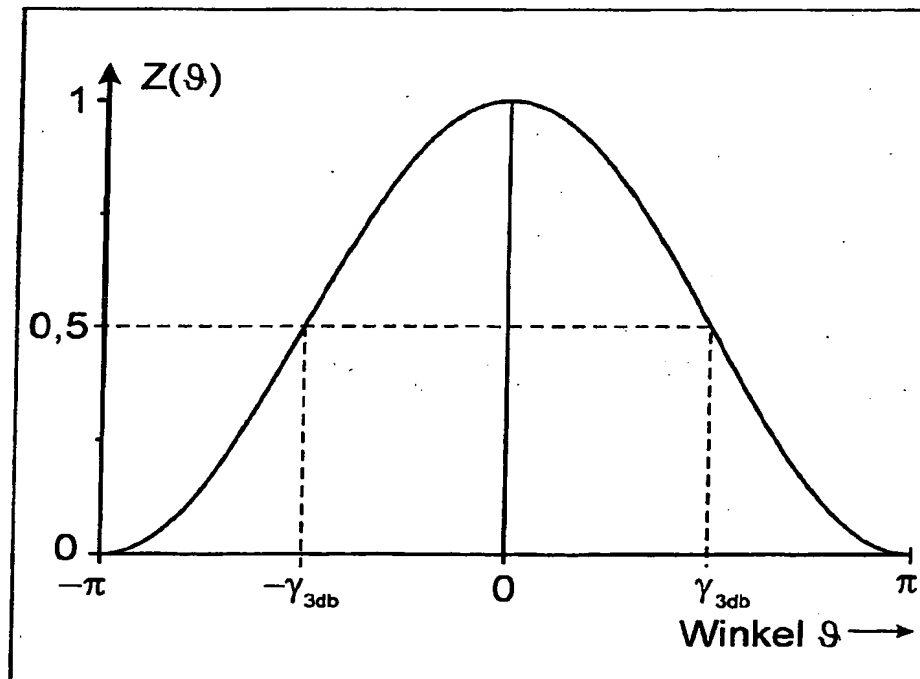


Fig. 2

2/4

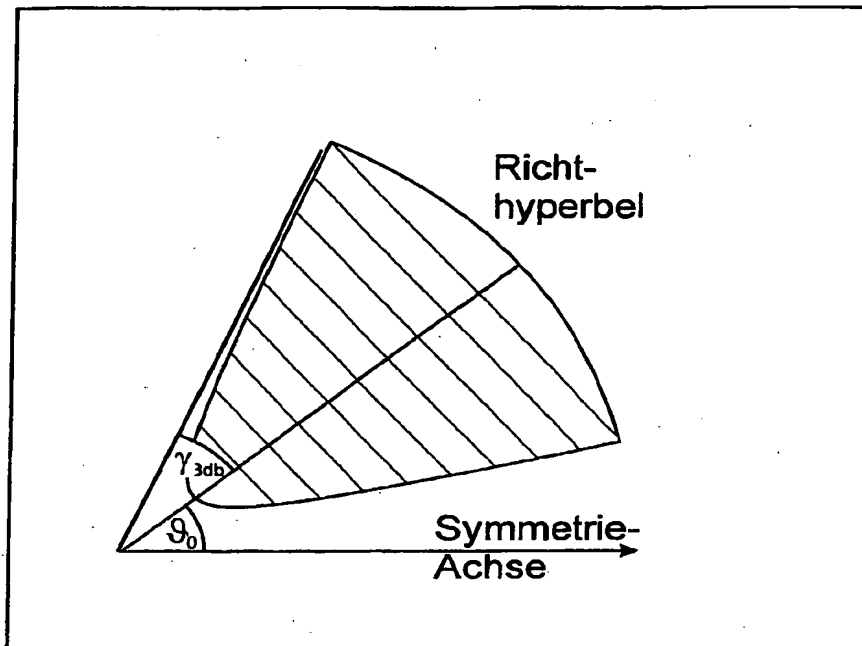


Fig. 3

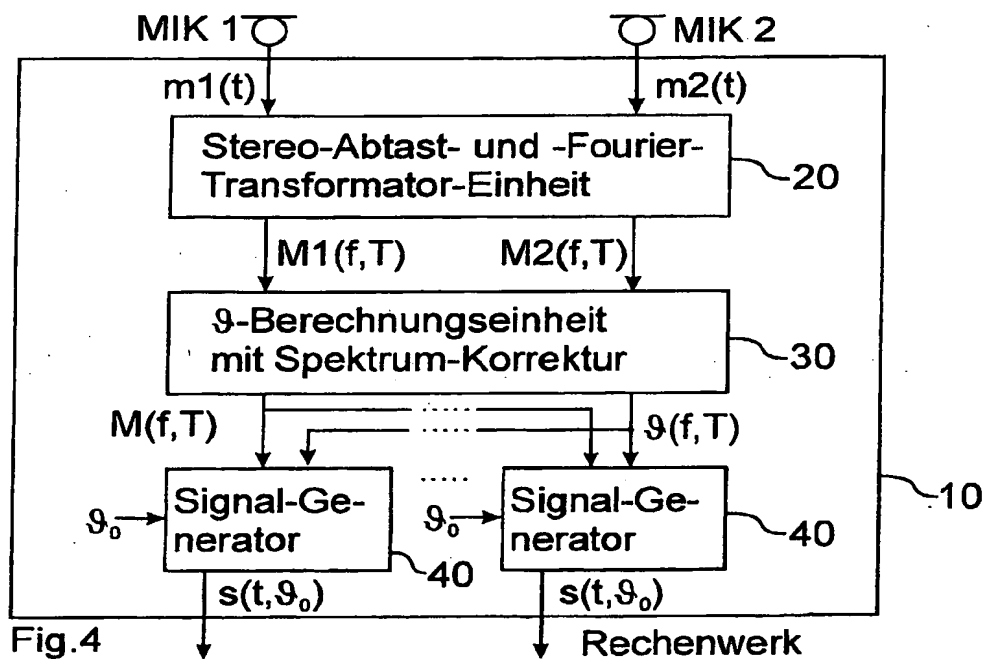


Fig. 4

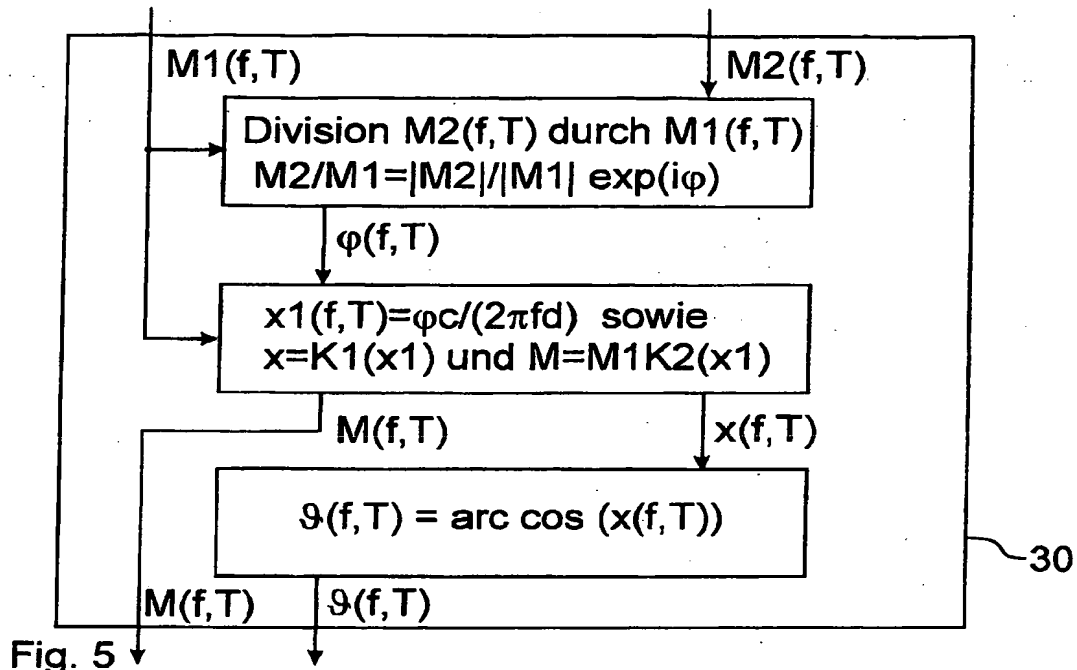


Fig. 5

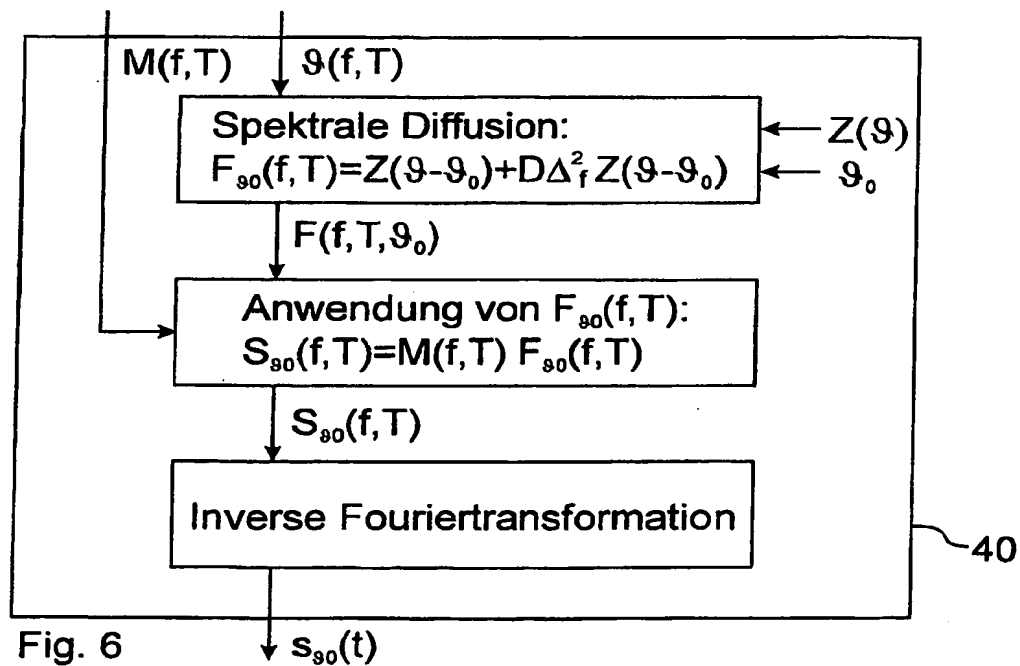


Fig. 6

4/4

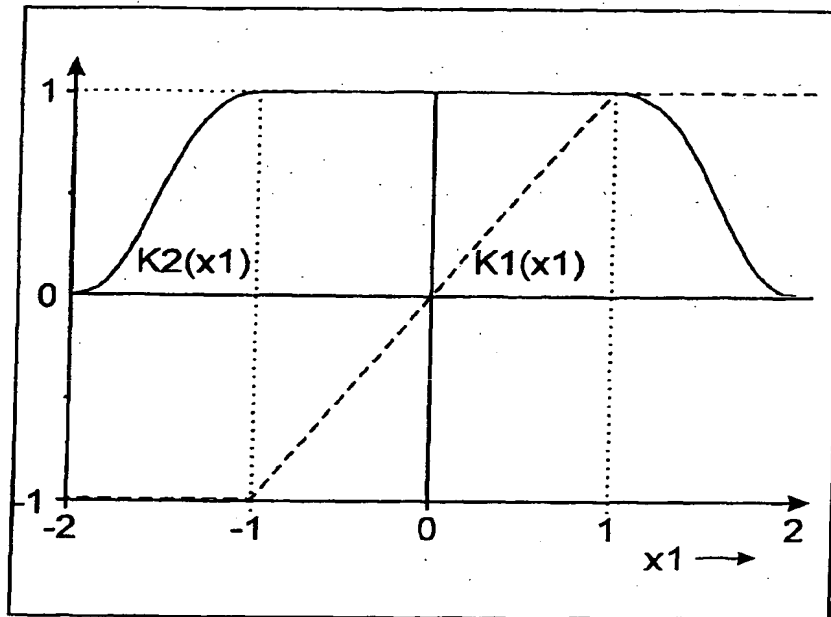


Fig. 7



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No  
PCT/EP2005/050386

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**  
IPC 7 H04R3/00 H04R1/26

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
IPC 7 H04R G01S G10L

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 5 539 859 A (ROBBE ET AL) 23 July 1996 (1996-07-23) column 1, lines 5-10 column 1, line 61 - column 2, line 34 column 4, line 64 - column 5, line 42 figures 1a, 1b, 2	1, 3, 5-7
A	EP 0 831 458 A (NIPPON TELEGRAPH AND TELEPHONE CORPORATION) 25 March 1998 (1998-03-25) paragraph '0001! paragraph '0023! figure 1	1, 7

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

### \* Special categories of cited documents:

- \*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- \*E\* earlier document but published on or after the international filing date
- \*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- \*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- \*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- \*T\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- \*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- \*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- \*G\* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

26 May 2005

Date of mailing of the international search report

02/06/2005

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5618 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Fachado Romano, A

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Intern \_ al Application No  
PCT/EP2005/050386

## C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	<p>WO 02/061732 A (THOMSON LICENSING S.A; PARRA, LUCAS, CRISTOBAL; ALVINO, CHRISTOPHER; S) 8 August 2002 (2002-08-08) cited in the application page 1, lines 5-10 page 7, lines 1-12 figure 2</p>	1,7

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

information on patent family members

Intern

Application No

PCT/EP2005/050386

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 5539859	A	23-07-1996	FR 2687496 A1	20-08-1993
			AT 159373 T	15-11-1997
			AU 662199 B2	24-08-1995
			AU 3285493 A	19-08-1993
			DE 69314514 D1	20-11-1997
			DE 69314514 T2	12-02-1998
			DK 557166 T3	03-11-1997
			EP 0557166 A1	25-08-1993
			ES 2107635 T3	01-12-1997
			FI 930655 A	19-08-1993
			GR 3025804 T3	31-03-1998
			NZ 245850 A	27-11-1995
EP 0831458	A	25-03-1998	CA 2215746 A1	18-03-1998
			DE 69732329 D1	03-03-2005
			EP 0831458 A2	25-03-1998
			JP 3355598 B2	09-12-2002
			JP 10313497 A	24-11-1998
			US 6130949 A	10-10-2000
			JP 3384540 B2	10-03-2003
			JP 10313498 A	24-11-1998
			JP 3379083 B2	17-02-2003
			JP 10313500 A	24-11-1998
WO 02061732	A	08-08-2002	DE 60203379 D1	28-04-2005
			EP 1371058 A1	17-12-2003
			JP 2004523752 T	05-08-2004
			MX PA03006668 A	24-10-2003
			WO 02061732 A1	08-08-2002
			US 2004072336 A1	15-04-2004

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Intern les Aktenzeichen  
PCT/EP2005/050386

**A. KLASSTIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES**  
IPK 7 H04R3/00 H04R1/26

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

## B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)  
IPK 7 H04R G01S 610L

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ

## C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	US 5 539 859 A (ROBBE ET AL) 23. Juli 1996 (1996-07-23) Spalte 1, Zeilen 5-10 Spalte 1, Zeile 61 - Spalte 2, Zeile 34 Spalte 4, Zeile 64 - Spalte 5, Zeile 42 Abbildungen 1a, 1b, 2	1, 3, 5-7
A	EP 0 831 458 A (NIPPON TELEGRAPH AND TELEPHONE CORPORATION) 25. März 1998 (1998-03-25) Absatz '0001! Absatz '0023! Abbildung 1	1, 7

☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☒ Siehe Anhang Patentfamilie

\* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

- \*A\* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist
- \*E\* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist
- \*L\* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)
- \*O\* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht
- \*P\* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

\*T\* Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

\*X\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderscher Tätigkeit beruhend betrachtet werden

\*Y\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderscher Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

\*Z\* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

26. Mai 2005

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts

02/06/2005

Name und Postanschrift der internationalen Recherchenbehörde  
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Fachado Romano, A

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Intern des Aktenzeichen  
PCT/EP2005/050386

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	<p>WO 02/061732 A (THOMSON LICENSING S.A; PARRA, LUCAS, CRISTOBAL; ALVINO, CHRISTOPHER; S) 8. August 2002 (2002-08-08) in der Anmeldung erwähnt Seite 1, Zeilen 5-10 Seite 7, Zeilen 1-12 Abbildung 2</p> <p>-----</p>	1,7

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Intern

Aktenzeichen

PCT/EP2005/050386

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 5539859 A	23-07-1996	FR 2687496 A1	20-08-1993
		AT 159373 T	15-11-1997
		AU 662199 B2	24-08-1995
		AU 3285493 A	19-08-1993
		DE 69314514 D1	20-11-1997
		DE 69314514 T2	12-02-1998
		DK 557166 T3	03-11-1997
		EP 0557166 A1	25-08-1993
		ES 2107635 T3	01-12-1997
		FI 930655 A	19-08-1993
		GR 3025804 T3	31-03-1998
		NZ 245850 A	27-11-1995
EP 0831458 A	25-03-1998	CA 2215746 A1	18-03-1998
		DE 69732329 D1	03-03-2005
		EP 0831458 A2	25-03-1998
		JP 3355598 B2	09-12-2002
		JP 10313497 A	24-11-1998
		US 6130949 A	10-10-2000
		JP 3384540 B2	10-03-2003
		JP 10313498 A	24-11-1998
		JP 3379083 B2	17-02-2003
		JP 10313500 A	24-11-1998
WO 02061732 A	08-08-2002	DE 60203379 D1	28-04-2005
		EP 1371058 A1	17-12-2003
		JP 2004523752 T	05-08-2004
		MX PA03006668 A	24-10-2003
		WO 02061732 A1	08-08-2002
		US 2004072336 A1	15-04-2004